

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

VALENTINA ŠUNJERGA

PORIJEKLO I GRANULOMETRIJA VALUTICA U MORENSKIM
NASLAGAMA ŠLJUNČARE U RADUČU

Diplomski rad

Zagreb, 2015

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

VALENTINA ŠUNJERGA

**PORIJEKLO I GRANULOMETRIJA VALUTICA U MORENSKIM
NASLAGAMA ŠLJUNČARE U RADUČU**

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno – matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog stupnja

magistra prirodnih znanosti

(diplomiranog inženjera geologije)

znanstveno polje geologija, grana geologija i paleontologija

Zagreb, 2015

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Jasenke Sremac i izv. prof. dr. sc. Tihomira Marjanca u sklopu diplomskog studija Geologije, smjer geologija i paleontologija, na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim mentorima izv. prof. dr. sc. Jasenki Sremac i izv. prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na pomoći pri odabiru teme te savjetima i strpljenju kojeg su mi iskazali pri izradi rada.

Zahvaljujem se v. pred. mr. sc. Draženu Kurtanjeku što je svojim komentarima upotpunio ovaj rad.

Također se zahvaljujem i dr. sc. Karmen Fio što mi je vrlo rado pomogla pri obavljanju terenskog dijela ovog rada.

I na kraju veliko hvala mojim prijateljima i kolegama koji su mi godine studiranja učinili lakšima i zabavnijima.

Hvala svima!

SADRŽAJ:

1.	UVOD	1
2.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	2
2.1.	BIOSTRATIGRAFSKA, PALEOEKOLOŠKA I SEDIMENTOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	2
2.2.	ISTRAŽIVANJE TRAGOVA GLACIJACIJE.....	2
3.	MATERIJALI I METODE.....	4
3.1.	TERENSKI RAD.....	4
3.2.	IZRADA IZBRUSAKA.....	4
3.3.	BOJANJE KARBONATA	5
3.4.	GRANULOMETRIJSKA ANALIZA.....	6
4.	GEOLOŠKA GRAĐA LIČKE PADINE VELEBITA	7
4.1.	STRATIGRAFIJA	8
4.1.1.	KARBON	8
4.1.2.	PERM	8
4.1.2.1.	DONJI PERM.....	8
4.1.2.2.	SREDNJI PERM	9
4.1.2.3.	GORNJI PERM	9
4.1.3.	GRANICA PERM TRIJAS	10
4.1.4.	TRIJAS	11
4.1.4.1.	DONJI TRIJAS.....	11
4.1.4.2.	SREDNJI TRIJAS	12
4.1.4.3.	GORNJI TRIJAS	12
4.1.5.	JURA.....	13
4.1.5.1.	DONJA JURA.....	13
4.1.5.2.	SREDNJA JURA	13
4.1.5.3.	GORNJA JURA	14
4.1.6.	KREDA.....	14

4.1.6.1.	DONJA KREDA.....	14
4.1.6.2.	GORNJA KREDA.....	15
4.1.7.	KVARTAR.....	15
4.1.7.1.	PLEISTOCEN	15
4.1.7.2.	HOLOCEN	16
4.2.	TEKTONIKA	17
4.2.1.	TEKTONSKA JEDINICA VELEBIT	17
5.	POSTANAK MORENA I GLACIJACIJA VELEBITA	18
5.1.	POSTANAK MORENA I OSNOVNI POJMOVI U GLACIOLOGIJI	18
5.2.	GLACIJACIJA SJEVERNOG VELEBITA.....	19
5.3.	GLACIJACIJA SREDNJEG VELEBITA	20
5.4.	GLACIJACIJA JUŽNOG VELEBITA	21
6.	REZULTATI	23
6.1.	TIPOVI VALUTICA.....	23
6.1.1.	KARBON.....	23
6.1.2.	PERM	24
6.1.3.	TRIJAS	28
6.1.4.	JURA.....	31
6.1.5.	KREDA.....	34
6.2.	GRAĐA MORENE.....	36
7.	RASPRAVA	41
8.	ZAKLJUČAK.....	43
9.	LITERATURA.....	44

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

PORIJEKLO I GRANULOMETRIJA VALUTICA U MORENSKIM NASLAGAMA ŠLJUNČARE U RADUČU

Geološko – paleontološki zavod/Geološki odsjek

Prirodoslovno – matematički fakultet/Sveučilište u Zagrebu

VALENTINA ŠUNJERGA

Rad je izrađen: Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb.

Sažetak: Ovaj rad opisuje porijeklo i granulometriju valutica u morenskim naslagama šljunčare u mjestu Raduč, koji se nalazi na ličkim padinama Velebita. U toj šljunčari eksploatira se morenski materijal u kojem možemo naći valutice različitih veličina i litologije. Cilj istraživanja bio je odrediti porijeklo valutica, smjer i način njihovog transporta. Osobno sam otišla na teren gdje sam prikupila 60 morfološki različitih valutica te 3293,5 g rastesitog uzorka. Od 60 prikupljenih valutica odabrane su 34 za izradu izbrusaka od kojih je 28 naposljetku i izrađeno, dok je na 10 preparata primjenjena metoda bojanja preparata. Na rastresitom uzorku primjenjena je metoda sijanja te granulometrijske analize. Naposljetku se na temelju rezultata može zaključiti da se radi o glacijalnom materijalu i to zbog velike litološke razlike valutica na tako uskom području te zbog njihove izrazito loše sortiranosti i strija nađenih na uzorcima. Usporedbom s Osnovnom geološkom kartom, list Udbina, zaključujem da je donos mogao biti i sa sjeveroistočne i s jugozapadne strane. Najvjerojatnije se radi o dva ledenjaka koja su se kretala s dvije strane te se na kraju spojila. Nakon povlačenja ledenjaka, odnosno njegovog otapanja zaostala je morena koju danas nalazimo na području mjesta Raduč.

Ključne riječi: morena, stratigrafija, granulometrija, ledenjak, transport valutica , Raduč,

Rad sadrži: 46 stranica, 55 slika, 24 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad pohranjen u: Središnja geološka knjižnica Geološkog odsjeka PMF-a, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Mentori: Jasenka Sremac, izv. prof. dr. sc. i Tihomir Marjanac, izv. prof. dr. sc.

Ocjenjivači: Jasenka Sremac, izv. prof. dr. sc. Tihomir Marjanac i izv. prof. dr. sc. Dražen Kurtanek, v. pred. mr. sc.

Rad prihvaćen: 27.02.2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master of science in geology Thesis

PROVENANCE AND GRANULOMETRY OF PEBBLES OF MORAINES OF RADUČ GRAVEL PIT

VALENTINA ŠUNJERGA

Department of geology, Faculty of science, University of Zagreb

Thesis completed in: Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Abstract: This paper describes origin and granulometry of pebbles in moraine deposits in Raduč, which is located on slopes of Velebit Mt. in Lika. Moraine material, in which we can find pebbles of different sizes and lithology, is exploited in Raduč (Lika region). The object of this research was to define the origin of pebbles, their transport route and mode of transportation. I went to Raduč where I collected 60 morphologically different pebbles and 3293,5 g. of loose material sample. From 60 pebbles I picked 34 for the preparation of thin section and finally created 28 thin section. 10 samples were stained. Loose sample was seaved and granulometry analysis was performed. Based on the results of this research I concluded that sediment is of glacial origin. It is characterized with prominent lithological differences in the narrow area and poor by sorted samples. Compared to the Basic Geological Map (sheet Udbina) I concluded that transport could be from two direction: north-east or south-west. Probably there were two glaciers which travelled from different sides and join each other in the valley. After the retreat of glacier moraine covered the valley of Raduč.

Keywords: moraine, stratigraphic analyses, granulometry, glacier, pebble transport, Raduč,

Thesis contains: 46 pages, 55 figures, 24 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological library, Faculty of Science, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Supervisor: Dr. Jasenska Sremac, assoc. prof. and Dr. Tihomir Marjanac, assoc. prof.

Reviewers: Dr. Jasenska Sremac, assoc. prof., Dr. Tihomir Marjanac, assoc. prof and Mr. Dražen Kurtanjek, Senior Lecturer

Thesis accepted: 27th February 2015

1. UVOD

Za svoj diplomski rad odabrala sam meni osobno zanimljiv dio geologije koji se odnosi na glaciologiju. Uvijek me je fascinirala snaga i razorna moć ledenjaka te njihova sposobnost 'brisanja' svega što se nalazi na području kojim putuju. I na samom kraju, stvaranje nečeg potpuno novog iz čega možemo jako puno doznati o samom putu ledenjaka, njegovom ishodišnom području i klimatskim uvjetima kojima je bio izložen.

Drugi dio koji će biti obrađivan u mom diplomskom radu odnosi se na mikrofacijese i fosile nađene u valuticama. Oni nam daju podatke o geološkim razdobljima i uvjetima u okolišu u kojima su se stijene istaložile.

Istraživala sam šljunčaru u mjestu Raduč, koji se nalazi na ličkim padinama Velebita gdje sam osobno bila kako bih skupila valutice i rastresiti uzorak za daljnja istraživanja. Položaj Raduča možemo vidjeti na slici 1. U toj šljunčari se eksploatira morenski materijal u kojemu možemo naći dobro zaobljene valutice raznih veličina i litološkog sastava.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi porijeklo valutica, smjer i način njihovog transporta. Prepoznavanjem mikrofacijesa i fosilnog sadržaja, otkrivanjem starosti te njihovom usporedbom s litologijom izvorišnog područja možemo rekonstruirati puteve kojima se ledenjak kretao.



Slika 1: Geografski položaj Raduča na karti Republike Hrvatske

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1. BIOSTRATIGRAFSKA, PALEOEKOLOŠKA I SEDIMENTOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

Ličke padine Velebita istražuju se još od početka 20. st. Prva organizirana istraživanja paleozoika i trijasa Velebita i Like, uz izradu detaljnih geoloških karata, vršena su u razdoblju od 1935. do 1940. pod vodstvom M. Salopeka (1942). O karbonskim fuzulinidnim foraminiferama Velebita i Like pisala je V. Kochansky-Devidé (1955 i 1965), a detaljniji rad o karbonskim algama objavila je 1973. V. Kochansky-Devidé i M. Herak objavili su dva rada o vapnenačkim algama (Herak & Kochansky, 1960; Kochansky & Herak, 1960), a o trijasu Velebita pisao je M. Herak (1965).

Ovo je područje kartirano prilikom izrade Osnovne geološke karte SFRJ, list Udbina, L 33 - 116 (Šušnjar et al., 1973), a Sokač et al. (1976) izradili su i tumač za list Udbina.

I. Velić i suradnici (2002) pišu o taložnim sekvencijama i paleogeografiji Jadranske karbonatne platforme, a podaci o jurskim i krednim megafacijesima i taložinama mogu se naći i u radu Tišljar et al. (2002).

J. Sremac (2005) daje pregled paleozojskih taložina, a 2012. detaljnije piše o kopnenim utjecajima na karbonske sedimentne stijene na području današnjeg Velebita i Like.

2.2. ISTRAŽIVANJE TRAGOVA GLACIJACIJE

Ideje o glacijaciji Velebita postoje još od 19. stoljeća zahvaljujući geomorfolozima koji su izvještavali o prepoznatim ledenjačkim reljefnim oblicima. Klastite iz kanjona Velike Paklenice prvi puta spominje Milojević (1922) kao glacijalne sedimente (Lj. Marjanac, 2012). U to doba se jako malo znalo o kvartaru te se postepeno pojavljuje sve veći broj istraživača koje je zanimalo o kakvim se to naslagama radi i kakvo je njihovo porijeklo. U svrhu toga istraživači su pokušali interpretirati sedimentacijske procese koji su uzrokovali postanak ovih naslaga, te su u sklopu toga rekonstruirali paleokoliš. Detaljno su bili istraživani pleistocenski izdanci Kvarnera, južnog Velebita i sjeverne Dalmacije te je na njima dokazano postojanje pleistocenske glacijacije kao dijela velike dinaridske glacijacije (Lj. Marjanac 2012).

Glacijalne sedimente kvartarne starosti prvi je opisao Alberto Fortis 1774.g. (Lj. Marjanac, 2012) u svojoj knjizi o putovanjima kroz Dalmaciju. Prva detaljna istraživanja kvartara vršena su pri izradi geološke karte Kvarnera i Dalmacije za Austro – Ugarsku monarhiju. Istraživači su tada opisali te naslage kao kvartarne pijeske i gline te kao diluvij i kvartarne breče (Lj. Marjanac, 2012). Regionalna istraživanja vršena su pri izradi Osnove geološke karte Jugoslavije u razdoblju od 1960-ih do 1980-ih, kada su istraživani i kvartarni sedimenti, a ukratko su opisani u Tumaču Osnovne geološke karte SFRJ, list Udbina (Sokač et al., 1976). Od tog razdoblja kvartar postaje zanimljiv predmet istraživanja mnogim geolozima i paleontolozima.

Dakle, prva istraživanja vršena su duž Jadranskog mora na području Kvarnera, južnog Velebita i sjeverne Dalmacije, a obuhvaćaju područja od današnje morske razine pa do 1000 metara nadmorske visine. Sedimenti koji su nađeni na ovom području podijeljeni su u tri velike grupe prema njihovom porijeklu: glacijalni, aluvijalni i marinski.

A. Bognar, S. Faivre i J. Pavelić (1991) pisali su o tragovima oledbe na sjevernom Velebitu, a o geomorfološkim tragovima pleistocenske glacijacije na području središnjeg Velebita pisali su A. Bognar i S. Faivre (2006).

2012. Lj. Marjanac u svojoj disertaciji piše o dokazima dinaridske glacijacije u vidu pleistocenskih glacijalnih i periglacijalnih naslaga Kvarnera, sjeverne Dalmacije i južnog Velebita.

Detalniji povijesni pregled istraživanja dinaridske glacijacije objavili su T. Marjanac i Lj. Marjanac (2013).

3. MATERIJALI I METODE

U daljnjem tekstu objasnit ću metode i materijale kojima sam se koristila pri izradi diplomskog rada.

3.1. TERENSKI RAD

Svoj diplomski rad započela sam odlaskom na teren u mjesto u Lici koje se zove Raduč. Raduč je naselje u općini Lovinac koje se nalazi u Ličko – senjskoj županiji.

U Raduču se nalazi šljunčara čija približna dužina iznosi dva kilometara, a satelitsku snimku šljunčare možemo vidjeti na slici 2. U šljunčari sam prikupila 60 morfološki i litoški različitih valutica za utvrđivanje njihovog sastava i starosti, a za granulometrijsku analizu prikupila sam 3293,5 g rastresitog uzorka.



Slika 2: Satelitska snimka šljunčare u Raduču (<https://www.google.com/earth/>, 04.02.2015.)

3.2. IZRADA IZBRUSAKA

Od 60 prikupljenih valutica odabrane su 34 valutice za izradu standardnih izbrusaka, od kojih je 28 naposljetku i izrađeno. Od tih 28 izbrusaka na 10 sam primjenila metodu bojanja preparata (vidi poglavlje 3.3.) kako bih ih mogla koristiti za daljnja promatranja. Na kraju su svi preparati pokriveni pokrovnim stakalcem pomoću UV ljepila.

3.3. BOJANJE KARBONATA

Kako bih mogla primijeniti ovu metodu potrebno je 6 poludubokih posudica. U prvu posudicu stavljamo 1,5% - tnu HCl te u njoj preparat držimo 15 sekundi, kako bi se nagrizaio i kako bi se u daljnjem postupku mogao obojati, zatim premještamo preparat u drugu posudicu u kojoj se nalazi destilirana voda. Nakon 10 sekundi preparat premještamo u treću posudicu u kojoj se vrši bojanje preparata. U toj posudici nalazi se mješavina kemikalija koja se sastoji od 120 ml otopine A koja je mješavina 0,5 g alizarina red - s u 250 ml 1,5% HCl i 80 ml otopine B koja se sastoji od 2 g kalijevoeg fericijanida u 100 ml 1,5% HCl. Preparat u ovoj posudici držimo 45 sekundi te ga premještamo u posudicu 4 u kojoj je otopina A te ga u ovoj posudici držimo maksimalno 15 sekundi. Nakon toga slijedi ispiranje u sljedeće dvije posudice u kojima je destilirana voda. Na slici 3 možemo vidjeti raspored posudica i kemikalija koje sam koristila za ovu metodu.



Slika 3: Postupak bojanja karbonata

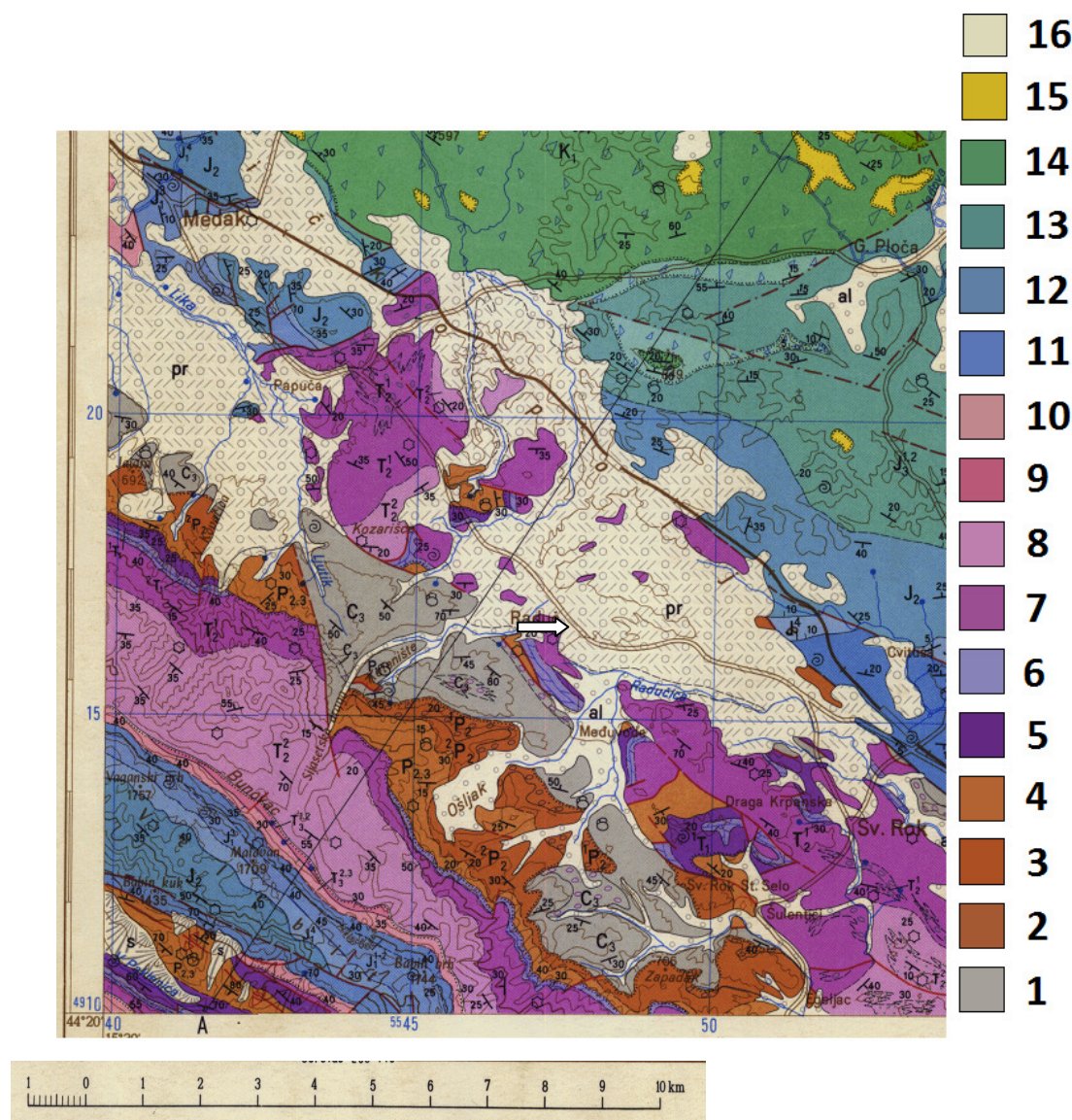
Na temelju boje mogu se izvesti zaključci o mineralnom sastavu stijene u preparatu. Primjerice, crvena boja karakteristična je za kalcit koji ne sadrži željezo, dok se magnezijски kalcit boji žarko crveno. Ružičasto – ljubičasta boja karakteristična je za kalcit s malim udjelom željeza, a ljubičasta za kalcit koji je bogat željezom. Dolomit koji ne sadrži željezo se ne boji, dok se dolomit s malim udjelom željeza boja svijetloplavo, a ankerit tamnoplavo.

3.4. GRANULOMETRIJSKA ANALIZA

Granulometrijskom analizom prikazat ćemo veličinu čestica koje grade morenu. Na terenu je uzeto 3293,5 g rastresitog uzorka. Iz tog uzorka izdvajala sam čestice različitih veličinskih frakcija. Pomoću ravnala sam izdvojila čestice veličine od 4 mm pa sve do iznad 128 mm, dok sam čestice veličine ispod 4 mm sijala pomoću sita različitog promjera. Izdvojila sam čestice sljedećih frakcija: <1 mm, 1-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm, 32-64 mm, 64-128 mm i >128 mm čije ću rezultate prikazati u poglavlju 6.2.

4. GEOLOŠKA GRAĐA LIČKE PADINE VELEBITA

Istraživani lokalitet Raduč nalazi se na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, list Udbina (Šušnjar et al., 1973) prema kojoj ću opisati stratigrafske članove (slika 4).



Slika 4: Dio geološke karte i legenda kartiranih jedinica, list Udbina L 33 - 116, 1:100 000, Šušnjar et al. (1973) te grafički prikaz mjerila. Legenda: 1-vapnenci i kvarcni konglomerati gornjeg karbona, 2-vapnenci donjeg perma, 3 konglomerati i pješčenjaci srednjeg perma, 4-dolomiti gornjeg perma, 5-dolomiti, tinjčasti pješčenjaci, škriljavci i kvarcni konglomerati donjeg trijasa, 6-vapnenci i lapori srednjeg trijasa, 7-klastiti i vapnenci s rožnjacima srednjeg trijasa, 8-dolomiti i vapnenci srednjeg trijasa, 9-konglomerati i tufitčni klastiti gornjeg trijasa, 10-dolomiti i vapnenci gornjeg trijasa, 11-vapnenci i dolomiti donje jure, 12-vapnenci i dolomiti srednje jure, 13-vapnenci, dolomitizirani vapnenci i dolomiti gornje jure, 14-vapnenci i dolomiti donje krede, 15-vapnenačke breče i konglomerati miocena, 16-pliocen.

4.1. STRATIGRAFIJA

U istraživanom području zastupljeni su sljedeći stratigrafski članovi: karbon, perm, trijas, jura i kreda.

4.1.1. KARBON

Na istraživanom području karbonske sedimentne stijene nalaze se u podini pleistocenske morene te u njima mjestimično možemo naći fosilne ostatke kopnene flore i plitkomorske faune. Točnije ove naslage pripadaju gornjem karbonu unutar kojeg možemo izdvojiti 3 člana: a) škriljavci i pješčenjaci, b) vapnenci i c) kvarcni konglomerati (Salopek, 1942). Starost gornjeg karbona određena je prema nalazu foraminifere *Triticites*.

Škriljavci i vapnenci mjestimice sadrže fosile; sve od školjkaša pa do kopnenog bilja koje je vrlo loše očuvano. V. Kochansky-Devidé (1964) je odredila mikrofosile fuzulinidnih foraminifera: *Velebitella simplex*, *Eoparafusulina pseudosimplex*, *Eoparafusulina pusilla*, „*Triticites*“ *brevispira*, *Anthracoporella specatabilis*, *Tetraxis maxima*, *Ozawainella angulata*, *Quasifusulina longissima* te je time dokazala starost gornjeg karbona (preuzeto iz Sremac, 2012).

4.1.2. PERM

Na području Velebita otkrivene su različite klastične i vapnenačke naslage permske starosti, koje su prikazane u tumaču Osnove geološke karte SFRJ, list Udbina (Sokač et al., 1976) te u radu J. Sremac o paleozojskim taložinama (Sremac, 2005).

4.1.2.1. DONJI PERM

Za donji perm karakteristični su pseudošvagerinski vapnenci, koji se teško makroskopski razlikuju od karbonskih vapnenaca, ali postoji razlika u fosilnom sadržaju. Kochansky-Devidé (1959) je odredila starost po sljedećim fosilima: *Quasifusulina longissima*, *Schwagerina* aff. *incisa*, *Pseudoschwagerina* sp. ex. aff. *alpina*, *Pseudoschwagerina nucleolata prisca*, *Pseudoschwagerina velebitica*, *Pseudoschwagerina carniolica*, *Pseudoschwagerina extensa*, *Pseudoschwagerina* cf. *confini*, *Pseudoschwagerina plicatula*, *Pseudoschwagerina* cf. *moelleri* (Sokač et al., 1976). Donji dio pseudošvagerinskih vapnenaca prema novim stratigrafskim radovima pridružen je gornjem karbonu.

4.1.2.2. SREDNJI PERM

Za razdoblje srednjeg perma karakteristični su konglomerati, pješčenjaci, vapnenci te dolomiti. Konglomerati pripadaju starijem dijelu srednjeg perma, a kako u njima nisu nađeni fosili starost im je određena superpozicijski. Srednjopermski konglomerati leže transgresivno na karbonskim naslagama, a otkriveni su na sjeveroistočnim padinama Velebita, zapadno i jugozapadno od Sv. Roka (Sokač et al., 1976).

Tijekom srednjeg perma glavni organizmi odgovorni za karbonatnu sedimentaciju bile su vapnenačke alge, Dasycladaceae (*Mizzia*, *Vermiporella*, *Velebitella*, *Salopekiella*, *Connexia*, *Likanella*), bentičke foraminifere (*Staffella*, *Nankinella*, *Chusenella*, *Eoverbeekina*, *Neoschwagerina*, *Agathammina*, *Hemigordius*), koralji (*Waagenophyllum*), mekušci (*Shikamaia* te drugi školjkaši, puževi i cefalopodi), briozoi (*Fenestella*) i brahipodi (*Enteles*, *Martinia*, produktidi, olhaminoidi) (Sremac, 2005).

Salopek (1948, 1952) je vapnenačke konglomerate nazvao Košna – konglomeratima prema vreli Košna. Izgrađeni su od valutica zelenih pješčenjaka i sivih vapnenaca te od rožnjaka i pelitnih škriljavaca.

Pješčenjaci su otkriveni na širem području, od Jajare do Egeljca. Nisu fosiliferni, a stratigrafska starost je utvrđena po prijelazu u gornjopermske dolomite. Najčešće su crvenkaste ili zelenkaste boje, a sastoje se u najvećim dijelom od kvarca i čestica raznih stijena kao što su kvarcit, rožnjak. U manjoj količini možemo naći muskovit, klorit te feldspate.

4.1.2.3. GORNJI PERM

Za gornji perm karakteristični su dolomiti koje možemo naći na sjeveroistočnim padinama Velebita gdje prate srednjopermske pješčenjake. Razvijeni su od Jajare pa do Šulentića i Zapatka, a na jugozapadnim padinama Velebita možemo ih naći u gornjem toku Paklenice.

Makrofauna dolomita je loše očuvana te rijetko možemo uočiti brahiopode, školjkaše, gastropode i školjkaše, no dolomiti obiluju mikrofosilima algi koje mjestimično možemo vidjeti i golim okom, a najčešći su: *Mizzia velebitana*, *Mizzia yabei*, *Clavaporella* ? cf. *tenellus*, *Salopekiella velebitana*, *Likanella spinosa*, *Goniolinopsis hexagona*, *Permocalculus tenellus*,

Gymnocodium bellerophontis, *Vermiporella nipponica*, *Vermiporella serbica*, *Kahlerina pachyteca*, *Neoschwagerina margaritae*, *Eoveerbekina cf. intermedia*.

Dolomiti mogu biti uslojeni ili gromadasti, a izmjerena im je debljina 250 – 500 metara (Sokač et al., 1976). Boja im varira od svijetlosive pa sve do crne. Bez obzira što su ove stijene zahvaćene visokim stupanjem dolomitizacije sačuvane su strukture fosila. Dolomitizacija je vjerojatno kasno dijagenetska.

4.1.3. GRANICA PERM TRIJAS

Granica između perma i trijasa na Velebitu određena je geokemijskim metodama stabilnih izotopa ugljika ^{13}C , kisika ^{18}O i dušika ^{15}N te pomoću elementne analize glavnih, sporednih elemenata te elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja. Analize su rađene na uzorcima stijena koje se nalaze na samoj granici perma i trijasa na lokalitetima Brezimenjača i Rizvanuša (Fio et al., 2010).

Litološki članovi koje možemo naći na ovim lokalitetima su gornjopermski 'prijelazni' dolomiti te pjeskoviti dolomiti koji leže na njima. Prijelaz između ova dva člana određen je kao granica između perma i trijasa te je vidljiva erozija i nagla pojava ooida i siliciklastičnih zrna. Pjeskovitim dolomitima imaju visok udio nekarbonatnih čestica za koje se smatra da su erozijski ostatci uzvisina iz zaleđa. Permski fosili (*Globivalvulina*, *Hemigordius*, ostrakodi, brachiopodi) nađeni su u pjeskovitim dolomitima u Rizvanuši 5 metara iznad litološke granice (Fio et al., 2010).

Analizama je utvrđeno da se kemostratigrafska granica perm – trijas nalazi 11 metara iznad litološke granice, odnosno 6 metara iznad zadnje pojave permskih fosila. Na toj kemostratigrafskoj granici se može utvrditi početak permskog izumiranja na lokalitetu Rizvanuša te 0,2 metra iznad litološke granice na lokalitetu Brezimenjača. Na oba lokaliteta kemostratigrafska granica nalazi se unutar pjeskovitih dolomita te nije vidljiva promjena u litologiji (Fio et al., 2010).

Litološka promjena koja je vidljiva u nedostatku fosilnog zapisa određena je kao regresija u mlađem permu čemu u prilog ide i povećana količina siliciklastičnog materijala, te elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja (Fio et al., 2010).

4.1.4. TRIJAS

Naslage trijasa razvijene su na Kremenu, Velebitu i uz njegovo podnožje (Sokač et al., 1976).

4.1.4.1. DONJI TRIJAS

Naslage donjeg trijasa na paleozoik su kontinuirane ili transgresivne. Možemo izdvojiti dva horizonta, koji se u starijoj literaturi spominju kao sajske i kampilske naslage u donjem trijasu ovisno o njihovom fosilnom sadržaju te litološkim karakteristikama.

"Sajske" naslage mogu biti različitog litološkog sastava, a razlikujemo: dolomite, tinjčaste pješčenjake, škriljavce te kvarcne konglomerate.

Donjotrijaski dolomiti se u manjoj mjeri razlikuju od permskih dolomita, a glavne razlike su te da su donjotrijaski dolomiti svijetlosivi i dobro su uslojeni, nisu bogati organskom tvari i gotovo uvijek sadrže glinovitu supstancu i limonitizirani pirit.

Na dolomitima leže tinjčasti pješčenjaci, a mogu transgresivno ležati i na permskim naslagama. Za ove naslage karakteristični su školjkaši *Unionites fassaensis* i *Claraia* sp.

Na prethodno spomenutim litološkim članovima razvijeni su kvarcni konglomerati i pješčenjaci.

"Kampilske" naslage možemo naći u bližoj okolini Udbine, na Kremenu, južno od D. Lapca, južno od Mazina te na Velebitu. Litološki razlikujemo vapnence, lapore i dolomite (Sokač et al., 1976).

Prijelaz iz "sajskih" u "kampilske" naslage vidljiv je po tome što postupno u sve većoj mjeri prevladavaju karbonatne naslage. Vapnenci i lapori su dobro uslojeni i u njima su nađeni provodni fosili, puževi *Natiria costata* i *Werfenella rectecostata*. Debljina kampilskih naslaga iznosi 110 metara (Sokač et al., 1976).

Dolomiti "kampilskih" naslaga su žućkaste boje jer su onečišćeni pjeskovitim detritusom (Sokač et al., 1976) i u njima nisu nađeni fosili. Na nekim područjima su transgresivni na permsku podlogu, dok se ponegdje vidi postupni prijelaz u klastičnom razvoju.

4.1.4.2. SREDNJI TRIJAS

Srednjetrijaske trijaske naslage su ili transgresivne na perm ili su taložene iznad donjotrijaskih naslaga. Litološki razlikujemo vapnence, dolomite te klastite i tufitične klastite (Sokač et al., 1976).

Anizička starost dolomita i vapnenaca utvrđena na temelju dasikladalnih algi: *Macroporella alpina*, *Diploporella hexaster* sub. sp. *helvetica*, *D. subtilis*, *D. proba*, *D. serialis*, *D. annulatissima*, *Physoporella pauciforata*, *P. paraealpina*, *Oligoporella pilosa*, *O. pilosa* var. *intusannulata*, *O. pilosa* var. *varicans*. Najčešća je *Macroporella alpina* te *Teutloporella nodosa*.

Ladinička starost određena je po algama *Diploporella annulata* i *Diploporella annulatissima*. Osim ranije spomenutih fosila, ladinička starost utvrđena je i uz pomoć algi *Teutloporella herculea* i *Gyroporella ampleforata*.

U tufitičnim klastitima otkrivena je bogata fosilna flora i fauna koje je detaljno proučavao M. Herak (1965). Ladinička starost određena je na temelju algi *Teutloporella herculea*, *T. triasina*, *T. cf. vicentina*, *T. nodosa*, *Diploporella annulata*, *Diploporella annulatissima*, *Gyroporella maxima*, *Gyroporella cf. ampleforata*. Također nađeni su i ostaci četinjače starosti: *Voltzia recubariensis* (Sokač et al., 1976).

4.1.4.3. GORNJI TRIJAS

Gornjotrijaske naslage nalaze se u transgresivnom odnosu s podlogom, a nalazimo ih na području Velebita, Bruvna, Mazina, Kremena i zapadno od Udbine. Litološki razlikujemo konglomerate, tufove i tufitične klastite, vapnence i dolomite (Sokač et al., 1976).

Gornjotrijaski konglomerati su debelo uslojeni, a sadrže tamne i svijetle valutice vapnenaca najčešće srednjetrijaske starosti, koje mogu biti različitog stupnja zaobljenosti i mogu sadržavati dasikladaceje.

Tufovi i tufitični klastiti se najčešće javljaju kao nepravilne leće te su promjenjivih debljina. R. Schubert je nazvao ove naslage 'rabeljskim naslagama' (Sokač et al., 1976). Identične naslage nađene su na listu Rab (preuzeto iz Sokač et al., 1976) u području Senjskog

bila gdje je nađen i školjkaš *Myophora kefersteini* te se po tome može pretpostaviti da ove naslage pripadaju gornjotrijaskoj starosti.

U gornjetrijaskim vapnencima nađeni su presjeci školjakaš megalodontida, dok je starost dolomita zbog nedostatka fosila određena superpozicijski. A to dodatno potvrđuju i mjestimični nalazi dasikladacea na susjednom listu Obrovac koje su provodne za norik (Sokač et al., 1976).

4.1.5. JURA

Jurske naslage otkrivene su na Bruvnu, Velebitu, Ličkom polju, južnim padinama Plješevice i zapadno od Krbavskog polja (Sokač et al., 1976).

Jurske sedimente karakterizira dobra uslojenost i dobro vidljiva superpozicija. Granica između trijasa i jure postavljena je na vidljivoj litološkoj promjeni iz dolomita u vapnence, s tim da se ponegdje nalaze i donjojurske alge.

4.1.5.1. DONJA JURA

Donjojurski litološki članovi predstavljeni su vapnencima i dolomitima, a starost je određena provodnim fosilima: algom *Petrascula heraki*, litiotidima, foraminiferama: *Orbitopsella praecursor*, *Pseudocyclamina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., algama: *Palaeodasycladus mediterraneus*, *Thaumathoporella parvovesiculifera* (Sokač et al., 1976).

Najčešće možemo naći vapnence i dolomite u izmjeni. Vapnenci su sivi ili tamnosivi, dobro uslojeni s visokim postotkom CaCO_3 . Česti su oolitični kalkareniti i kalcilutiti s biogenim detritusom, a dolomiti zapravo predstavljaju dijagenetske izmjenjene vapnence koji su bile izloženi dolomitizaciji.

U donjoj juri poznati su i mrljasti vapnenci, poznati i kao "felckenkalk". To su sivi do tamnosivi dobro uslojeni vapnenci često 'mrljastog izgleda'. Takav izgled može biti posljedica neujednačene i nepotpune dolomitizacije, kao i nejednolike raspodjele glinovite komponente.

4.1.5.2. SREDNJA JURA

Srednjejurske naslage zastupljene su izmjenom vapnenaca i dolomita u kojima su nađeni: alga *Selliporella donzelii*, foraminifere *Pfenderina salernitana*, *Pfenderina* cf.

trochoidea, alga *Thaumatoporella parvovesiculifera*, foraminifere: *Aeolisaccus dunningtoni*, *Globochaeta alpina*, *Meyendroffina bathonica* (Sokač et al., 1976). Vapnenci su dobro uslojeni, predstavljeni kalklutitima i kalkarenitima s visokim udjelom CaCO_3 . Svi dolomiti su sekundarni što možemo zaključiti po nepotpuno dolomitiziranim vapnencima od kojih možemo uočiti primarne relikte.

4.1.5.3. GORNJA JURA

Gornjojurske naslage predstavljene su vapnencima, dolomitima i brečama. Gornjojurski vapnenci obiluju fosilnim ostacima. Stratigrafija je određena sljedećim fosilnim vrstama: algama (*Macroporella sellii*, *Macroporella pygmea*, *Acicularia elongata*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Stenoporidium chaetetiformis*), foraminiferama (*Pfendrina salernitana*, *Trocholina* cf. *alpina*, *Trocholina elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Kurnubia wellingsi*, *Kurnubia palastiniensis*, *Protopenelopis striata*, *Textulariidae*), koraljima, spužvama, (*Cladocoropsis mirabilis*, *Spongiomorpha asiatica*), školjkašima iz skupine Diceratidae, te problematičnim fosilima (*Aeolisaccus chamingtoni*, *Globochaete alpina*) (Sokač et al., 1976).

U gornjojurskim vapnenačkim brečama prevladavaju fragmenti jurske starosti koji su vezani sivim vapnenačkim matriksom. U brečama su nađene foraminifere *Kurnubia palastiniensis* i alga *Thaumatoporella parvovesiculifera* kojima je dokazana stratigrafska pripadnost gornjoj juri.

Starost gornjojurskih dolomita utvrđena je superpozicijski, u njima nisu nađeni fosili. Dolomiti su najčešće masivni.

4.1.6. KREDA

Prema Sokač et al. (1976) kredne naslage otkrivene su na području sjeverno od linije Medak – Gornja Ploča – Udbina – D. Lapac.

4.1.6.1. DONJA KREDA

Naslage donje krede razvijene su u vidu vapnenaca i dolomita te vapnenačkih breča i vapnenaca.

Vapnenci i dolomiti su litološki debeli te unutar njih možemo razlikovati tri nivoa:

1) Na gornjojurskim dolomitima leže vapnenci u kojima možemo naći koprolite vrste *Faverina salevensis*.

2) Na njima leže vapnenci s mikrofosilima alge *Salpingoporella dinarica*, foraminifera *Cuneolina camposaurii*, *C. scarsellai*, *Halpoghragmoides* sp. i *Nummoloculina* sp. (Sokač et al., 1976).

3) Vapnenačke breče i vapnenci su litološki predstavljani izmjenom sivosmeđih kalcirudita, kalkarenita i kalcilutita, a fosili su u njima rijetki. Sadrže miliolide, ostrakode zajedno s: foraminiferom *Nummoloculina heimi*, koprolitnom vrstom *Favreina salevensis* i algom *Salpingoporella* sp. (Sokač et al., 1976).

4.1.6.2. GORNJA KREDA

Transgresivno na donjokrednim naslagama nalaze se gornjokredne naslage, a karakteriziraju ih breče, dolomiti te rudistni vapnenci.

Dolomiti su svijetlosivi, šupljikavi, ponegdje brečasti, a ponegdje šećerasti. Breče su većinom dolomitnog sastava.

Najčešći provodni fosil u vapnencima je školjka *Chondrodonta joannae*. Na ovom području se tijekom gornje krede javljaju i rudisti iz skupine Radiolitidae. Od mikrofosila česte su foraminifere: *Nezzazata simplex*, *Cuneolina pavonia parva*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Pseudochrysalidina conica*, *Glomospira* sp, alge: *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Aeolisaccus kotori*, *Actinoporella* sp., *Pithonella* sp. te koprolitna vrsta *Favreina* sp., (Sokač et al., 1976).

4.1.7. KVARTAR

Kvartarne naslage su široko rasprostranjene na listu Osnove geološke karte Udbina (Šušnjar et al., 1973); nalazimo ih uz tok rijeka Like, Glamočnice, Jadove jaruge, Radučice, Ričice, Suvaje i Opsenice, a možemo ih naći na Lapačkom polju te kod Mazina.

4.1.7.1. PLEISTOCEN

Prema Sokač et al. (1978) možemo izdvojiti slijedeće litološke članove: kremeni pijesci, proluvijalne ilovače, koluvijalni obronačni nanosi, proluvijalni šljunci i pijesci, te siparišne breče.

Kremeni pijesci su zapravo nekadašnje dine koje su danas prekrivene vegetacijom, a njihovo taloženje vršeno je u gornjem dijelu Würmske glacijacije. U zadnjem würmskom stadijalu pijesci su izloženi procesima krioturbacije i solifukcije. U postglacijalu su zbog eolskog utjecaja premješteni na male udaljenosti.

Pijesci sadrže 85 – 100 % pješćane komponente. U lakoj frakciji dominira kvarc, a sporedni su feldspati, čestice rožnjaka i škrljavaca, dok u teškoj frakciji dominiraju dobro zaobljene limonitne čestice.

Proluvijalne ilovače široko su rasprostranjene na Osnovnoj geološkoj karti, list Udbina (Sokač et al., 1973), a najvjerojatnije su nastale u Riss – Würm interglacijalu. Njihova boja i sastav upućuju na postanak kemijskim trošenjem u toploj klimi. Mogu sadržavati polen, među kojima je najčešći polen topole (*Populus*). Ilovače su ponegdje kompaktne i zbijene te je u njima moguće naći manganske konkrecije.

Koluvijalne obročne nanose karakterizira grubi sastav, loša sortiranost i kratak transport. Čine ih kršje vapnenaca i dolomita koji mogu biti povezani crvenicom, smeđom ilovačom i drugim klastičnim materijalom. Na terenu najčešće čine kosine ili pojedinačne čunjeve.

Proluvijalni pijesci i šljunci su tipični gornjopleistocenski sedimenti nastali u gornjem dijelu würmske glacijacije. Pretežito su vapnenačkog sastava s mogućim valuticama gornjetrijaskih rožnjaka i pješćenjaka.

Siparišne breče sastoje se od vapnenačkog kršja koji je kalcijevim karbonatom povezan u čvrstu stijenu. Nastali su u Würm III stadijalu (Sokač et al., 1978).

4.1.7.2. HOLOCEN

Razdoblje holocena obilježeno je taloženjem organogeno – barskih sedimenata, treseta i aluvijalnih sedimentata (Sokač et al., 1978).

Organogeno – barski sedimenti izgrađuju najniže dijelove Krbavskog polja koji su povremeno poplavljeni te su prekriveni livadom. Ove sedimente čini tamnosiva humozna zemlja debljine 150 cm ispod koje se nalazi sivosmeđa humozna pjeskulja i žutosmeđa ilovača.

Treset je izgrađen od tipično crne zemlje koja je bogata organskom tvari.

Aluvijalni sedimenti izgrađeni su od karbonatnog kršja koje je izmješano s pješčanim detritusom i crvenkastosmeđim pretaloženim ilovačama.

4.2. TEKTONIKA

Područje koje je obuhvaćeno na Osnovnoj geološkoj karti, list Udbina (Sokač et al., 1973) sastoji se od sljedećih tektonskih jedinica: Velebit, Bruvno, Kremen, Pišać – Udbina, južni dio Ličke Plješevice, Čemernica – Kulen Vakuf. Opis tektonskih jedinica preuzet je iz tumača za list Udbina (Sokač et al., 1973).

4.2.1. TEKTONSKA JEDINICA VELEBIT

Tektonska jedinica Velebit nalazi se na jugozapadnom dijelu lista Udbina te ju karakterizira otkrivenost paleozojskih naslaga.

Naslage na ovom području većim dijelom imaju pružanje sjeverozapad – jugoistok s nagibom prema jugozapadu. Tektonska jedinica Velebit dio je jugozapadnog krila tzv. 'ličkog rasjeda' kojeg je na terenu teško uočiti jer je prekriven vegetacijom. Pružanje ovog rasjeda je sjeveroistok – jugozapad, a rasjedna ploha pada prema sjeveroistoku pod kutem od otprili 70 – 80°.

Za tektonsku jedinicu Velebit karakterističan je zonarni raspored stratigrafskih članova sa superpozicijskim slijedom naslaga od gornjeg karbona do dogera.

Na jugozapadnim obroncima ove tektonske jedinice oblikovan je član Velika Paklenica. Brojni manji rasjedi prate pružanje velikog ličkog rasjeda, a ovo područje karakteriziraju brojni tektonski blokovi.

Sjeverozapadno od Sv. Roka uočene su dvije manje sinklinale s jezgrom od anizičkih naslaga (Sokač et al., 1976)

5. POSTANAK MORENA I GLACIJACIJA VELEBITA

5.1. POSTANAK MORENA I OSNOVNI POJMOVI U GLACIOLOGIJI

Prema definiciji, glacijalne naslage sastavljene su od sedimenata koji su nošeni aktivnim ili stagnirajućim ledenjakom te su akumulirani u zonama koje su u kontaktu s ledom. Te zone mogu biti supraglacijalne, subglacijalne, periglacijalne i proglacijalne. Glacijalne naslage čine sedimenti koji nastaju u direktnom kontaktu s ledom, a mogu biti sastavljeni od svih tipova stijena. Također to su i sedimenti koji nastaju pod utjecajem ledenjaka. Taj utjecaj može biti glaciofluvijalnog, glaciolakustrinskog ili glaciomarinskog karaktera. Sedimenti ledenjačkog postanka mogu nastati u glacijalnim, glaciofluvijalnim, glaciolakustrinskim i glaciodeltnim okolišima. Tilovima i tilitima nazivamo sedimente koji nastaju u neposrednom kontaktu s ledom, dok su glaciolakustrinski, glaciofluvijalni i glaciodeltni sedimenti nastali u periglacijalnim i proglacijalnim zonama.

Tilovi i tiliti su nelitificirani odnosno litificirani sedimenti koje prepoznajemo po loše sortiranom materijalu, različitoj veličini klasta koji se nalaze u sitnozrnatom matriksu te stvaraju sedimentna tijela koje se nazivaju morene. Morene mogu biti površinske, podinske, bočne, središnje i čeone.

Budući da je glacijacija snažan proces koji 'briše' sve što se nalazilo na području kojim je ledenjak prošao teško je vidjeti tragove prijašnjih glacijacija.

Proglacijalni sedimenti su oni koji su se istaložili ispred prednje fronte ledenjaka, a periglacijalni su taloženi dalje od direktnog utjecaja ledenjaka, ali su još uvijek pod utjecajem kriogenih procesa i vode s ledenjaka. Proglacijalni i periglacijalni sedimenti su građeni od gline, silta te pjeska, a rjeđe u njihovoj građi možemo naći sitno zrnate šljunke i kamene oblutke.

Geomorfološki dokazi glacijacije su morene, eratički blokovi, kame terase, kame, kotlići, eskeri i drumlini.

Eratički blokovi su stijene koje su zaostale nakon povlačenja leda, a porijeklo im je iz izvorišnog područja ledenjaka.

Kame terase nastaju u bočnoj kontaktnoj zoni između ledenjaka i doline kroz koju ledenjak prolazi, a građene su od detritusa koji ledenjak nosi sa sobom i dijelom od bočne morene. Materijal je nesortiran, a vidljiv je nagib terase prema bokovima dolina.

Kame su predstavljene akumulacijom detritusa na površini ledenjaka, a nakon njegovog otapanja odlažu se na podini u obliku humaka.

Kotlići nastaju slijeganjem detritusa na mjestu otapanja bloka leda unutar morene, a često mogu postati mala jezera.

Eske nastaju akumulacijom detritusa u podini leda koji je nošen subglacijalnim potocima i rijekama, a ostaju kao zmijasti reljefni oblici nakon otapanja leda.

Drumlini nastaju akumulacijom detritusa u podini leda uslijed kretanja ledenjaka i mjestimično jačeg otapanja leda uz podlogu pa tako smanjenog trenja dolazi do akumulacije detritusa u obliku izdžženih tijela s jednim tupim i jednim šiljastim vrhom koji ukazuje na smjer kretanja ledenjaka (Marjanac Lj., 2012).

5.2. GLACIJACIJA SJEVERNOG VELEBITA

Tokom povijesti bilo je mnogo oprečnih mišljenja koja su se odnosila upravo na glacijaciju Velebita. Kao što je već ranije spomenuto, ideje o glacijaciji Velebita postoje još od 19. stoljeća. Kartiranjem južnog Velebita otkriveni su nepobitni dokazi glacijacije Velebita (Nikler, 1973), a kartiranjem sjevernog Velebita utvrđeni su geomorfološki tragovi pleistocenske oledbe (Bognar et al., 1991).

Na području Sjevernog Velebita tri su osnovana tipa oledbe, te su moguće njihove kombinacije. Tipovi oledbe su: cirkni, dolinski i platoasti.

Nađena su tri fosilizirana cirka koja su gotovo u potpunosti očuvana, a to su: Ripljevica, Splitvina i Žestikovac. Dimenzije cirknih izvorišta ledenjaka su relativno male. U određenim vremenskim intervalima, za vrijeme maksimuma oledbe, ovi cirkovi bili su povezani s platoastim ledenjacima. Dakle najljepše razvijeni cirkni ledenjaci nalazili su se na sjeveroistočnoj padini Nadžak – bila iznad zavale Krasnog polja. Sa padine Nadžak – bila cirkni ledenjaci su se spuštali u zavalu gdje su nađene podinske morene koje prepoznajemo

po heterogenom kršju, blokovima, valuticama i manje zaobljenim valuticama (Bognar et al., 1991).

Platoasti ledenjaci oblikovani su na samom vrhu Nadžak – bila koje je više manje zaravnjeno, a nalaze na reliktnoj vapnenačkoj podlozi koja je dokaz kako je ovo područje prije pleistocenske glacijacije bilo izrazito okršeno. Također u prilog tome idu i humci, ponikve i manji platoi koje možemo naći na ovom području. Smatra se da su ponikve bile izvorišta ledenjaka budući da su se u njima mogle akumulirati velike količine snijega. Budući su ponikve prostorno udaljene svaka od njih je u vrijeme početnog stadija glacijacije činila zasebna izvorišta cirknog leda koji su u maksimumu glacijacije činili platoaste ledenjake (Bognar et al., 1991).

Dolinski ledenjaci Sjevernog Velebita bili su tijekom pleistocena dobro razvijeni. Istraživanja su pokazala da su za vrijeme pleistocena postojala dva dolinska ledenjaka koja vežemo uz Zavižansku zavalu i zavalu Lubenovačkog polja. Na području Zavižanske zavale nalazio se tzv. Lomski ledenjak koji je bio dug 11 km. Smjer njegova kretanja bio je uvjetovan predglacijalnom tektonikom. Za razliku od Lomskog ledenjaka, dolinski ledenjak koji se nalazio na Lubenovačkom polju imao je smjer kretanja na četiri strane. A veličina brojnih udubljenja pogodovala su akumulaciji snijega te razvoju leda (Bognar et al., 1991).

5.3. GLACIJACIJA SREDNJEG VELEBITA

Srednji Velebit je reljefno niži od sjevernog, no bez obzira na to reljefne predispozicije su vrlo povoljne za akumulaciju snijega i razvoj leda zbog brojnih ponikvi, zavala i uvala koje se nalaze na ovom području. Prostorna veličina ledenih površina za vrijeme pleistocena je manja nego na području sjevernog Velebita. Srednji Velebit karakteriziraju tri usporedna grebena.

Također na području srednjeg Velebita nađena su tri tipa ledenjaka: cirkni, platoasti i dolinski.

5.4. GLACIJACIJA JUŽNOG VELEBITA

Glacijacija na južnom Velebitu zahvatila je dijelove kod Senja, Jablanca, duž obale od Starigrada – Paklenice do Maslenice, na Rujnu, u Velikoj i Maloj Paklenici, kod Obrovca, uz obale Velebitskog kanala, Novigradskog i Karinskog mora te kod Raduča u Lici (Lj. Marjanac, 2012). Na ovim područjima nađeni su tragovi podinskih morena. Središnje morene nađene su samo na Velikom Rujnu, a završne još uvijek nisu nađene na području južnog Velebita, tako da za sada ne možemo znati dokle se ledenjak protezao.

Određena su tri neformalna stratigrafska člana: Paklenica, Rujno i Novigrad te su dva člana pretpostavljena: Raduč i Sklopine. Ovi članovi predstavljeni su u vidu središnjih i podinskih morena.

Nepobitni dokazi glacijacije koji su nađeni na području južnog Velebita su strije na valuticama, fjordovi, polirane površine, cirkovi te prostrani krajolici s tragovima erozije koji su uzrokovani kretanjem ledenjaka. Gotovo svi ledenjački sedimenti na ovom području leže na karbonatnoj podlozi mezozojskog porijekla. Budući je ta karbonatna podloga bila izložena postglacijalnoj eroziji i karstifikaciji mnogi glacijalni oblici se nisu uspjeli sačuvati u potpunosti.

Otapanjem leda oslobađaju se velike količine vode koja ima veliku moć. Tečenjem vode iz viših nadmorskih visina u niže nastaju uski kanjoni te brojni drugi oblici koje možemo naći na čitavom Velebitu. Voda djeluje kao jako erozijsko sredstvo te je uništila mnoge glacijalne oblike. Zahvaljujući mikritnom matriksu sačuvani su vapnenački klasti sa strijama koji su nepobitan dokaz glacijacije.

Na 10-ak uzoraka koji su uzeti sa područja južnog Velebita rađena su radiometrijska datiranja uranovim izotopima i to na kalcitu iz cementa u morenama (Lj. Marjanac, 2012). Dobivene su srednje – pleistocenske starosti te samim time i minimalna starost morena. Starost morena je puno veća od starosti cementa što dokazuje da je cementacija i kompakcija nastupila kasnije od vremena taloženja morena. Kada se led povukao i otopio ostale su šupljine u kojima je iskristalizirao kalcit kada su nastupili povoljni uvjeti za njegovu kristalizaciju.

Upravo zbog toga postanak člana Paklenica pripisujemo oledbi koja je nastupila u srednjem pleistocenu. Član Paklenica se koristi kao drugi datum za korelaciju pomoću kojeg koreliramo naslage okolnih lokaliteta.

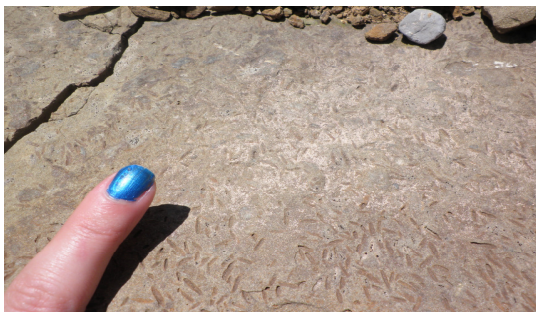
6. REZULTATI

Glavni rezultati ovog diplomskog rada su kvalitativna i kvantitativna analiza valutica iz šljunčare Raduč, te rekonstrukcija izvorišnih područja i smjerova kretanja ledenjaka kojim je istražena morena bila transportirana.

6.1. TIPOVI VALUTICA

U prikupljenim valuticama iz šljunčare u mjestu Raduč možemo primjetiti veliku litološku raznolikost već pri samom pogledu. Svaki od opisanih tipova valutica pripada pojedinom stratigrafskom članu koji su opisani u poglavlju 4.

6.1.1. KARBON



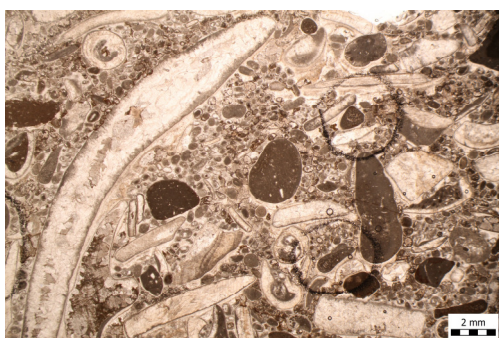
Slika 5: Triticitni pješčenjak

U bazi morene nađeni su podinski triticitni pješčenjci koji su prikazani na slici 5. Rod *Triticites* pripada fuzulinidnim foraminiferama koje su provodne za gornji karbon. Pješčenjaci su sivkasto-žute boje, i lako ih je prepoznati na terenu. Triticiti su najčešće otopljeni i isprani, pa se u stijeni vide šupljine, tj. samo njihovi kalupi. Po Kohansky-Devidé pješčenjaci su kasimovijske starosti (Sremac, 2012).

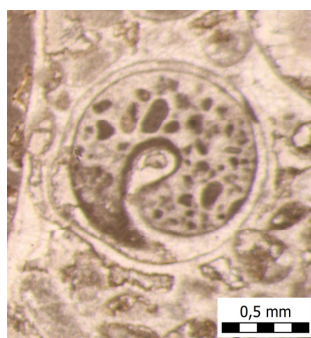
6.1.2. PERM



Slika 6: Permski vapnenac s makrofosilima



Slika 7: Mikrofacijes permskog vapnenca



Slika 8: Poprečni presjek gastropoda u biosparitu



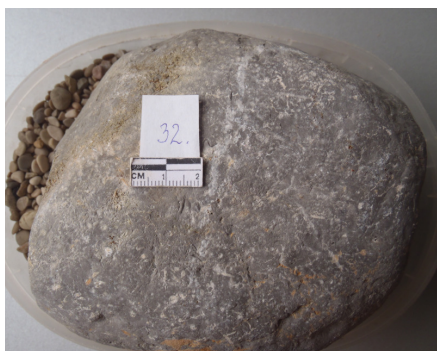
Slika 9: Fragment brahiopoda



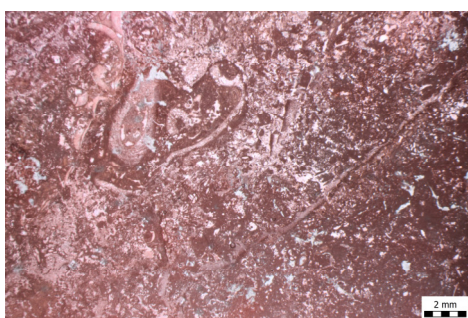
Slika 10: Presjek spužve

Na slici 6 prikazana je valutica permskog vapnenca koji je jako fosiliferan. Na trošnoj površini vidljivi su presjeci puževa. Vapnenac je tamnosive boje.

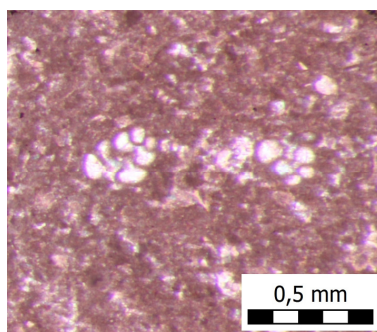
Mikrofacijes permskog vapnenca prikazuje slika 7, a slike 8-10 pojedine fosile. Na mikrofotografiji manjeg povećanja (slika 7) vidi se struktura pekston-grejnston. Po Folkovoj klasifikaciji stijena je biosparit. Makrofosili (slike 8-10) su ukazuju na taloženje u plitkom moru, najvjerojatnije laguni, a struktura da je okoliš bio uzburkan.



Slika 11: Valutica permskog vapnenca s mikrofosilima



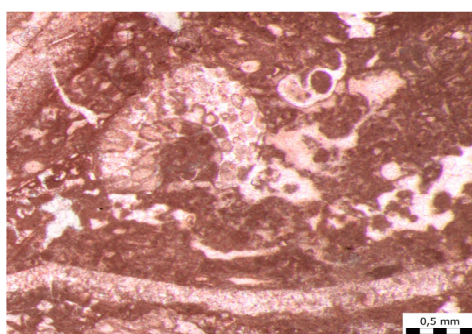
Slika 12: Mikrofacijes permskog vapnenca



Slika 13: *Globivalvulina* sp.



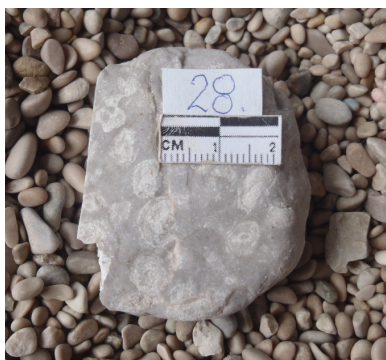
Slika 14: Presjek *Globivalvuline* sp.



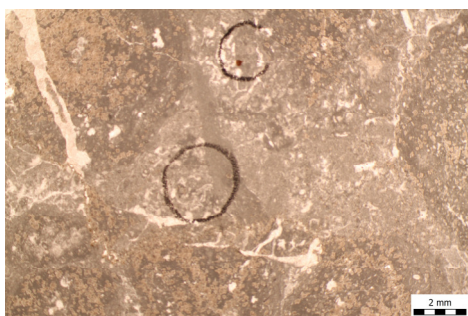
Slika 15: Presjeci algi i fragmenti ljuštura školjkaša

Slika 11 prikazuje uzorak tamnosivog permskog vapnenca.

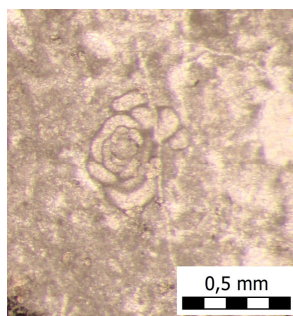
Mikroskopski preparat je obojen kako bismo lakše uočili pojedine sastojke. Slika 12 prikazuje mikrofacijes koji je prepoznat kao vekston-pekston. Vide se ostatci bentosa te ljuštura velikih školjkaša (detalj slika 15). Slike 12, 13 i 14 su detalji mikrofotografije. Na slici 13 i 14 vidimo foraminiferu *Globivalvulina* sp., prema kojoj je i određena permska starost. Rod *Globivalvulina* pripada skupini fuzulinidnih foraminifera, a živjele su od karbona do trijasa, s tim da su na ovom području do sada nađene *Globivalvuline* permske starosti (fossilworks.org).



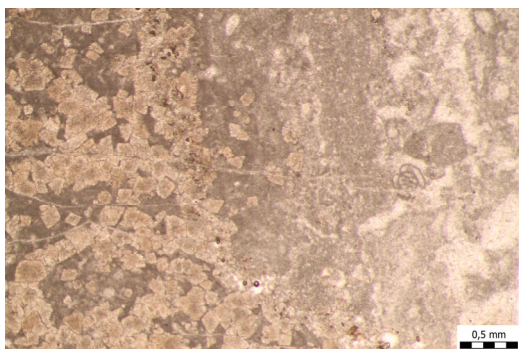
Slika 16: Fragment permskog dolomita



Slika 17: Mikrofacies permskog dolomita



Slika 18: *Glomospira* sp.



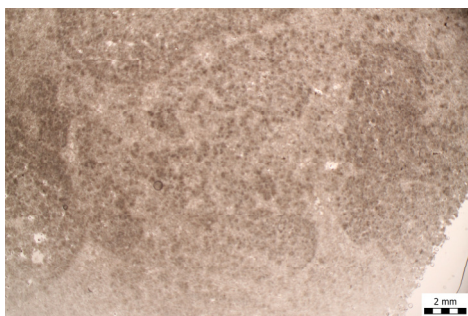
Slika 19: Kristalići dolomita i *Glomospira*

Na slici 16 prikazana je valutica svjetlosivog permskog dolomita s onkoidima.

Slika 17 prikazuje mikrofacies, a slike 18 i 19 pojedine detalje. Na panorami je vidljivo da se radi o ranodijagenetskom dolomitu. Na slici 19 vidljivi su romboedarski kristalići dolomita koji su rasli u nekonsolidiranoj stijeni s povećanom koncentracijom magnezija. Na slici 13 vidljiv je presjek *Glomospire* u nedolomitiziranom dijelu stijene. *Glomospira* je rod foraminifera koji pripada aglutiniranoj skupini Textulariina, a živjela je od kambrija do eocena. Taloženje je vršeno u toplom plitkom moru, a po strukturi je pekston.



Slika 20: Permski dolomit



Slika 21: Mikrofacijes permskog dolomita

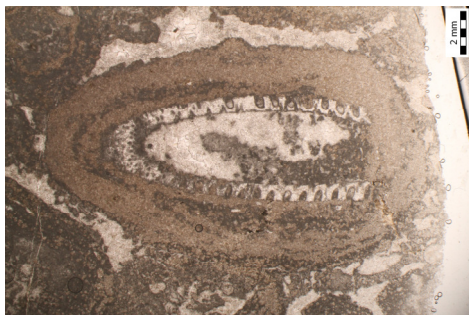
Slika 20 prikazuje uzorak permskog dolomita, a slika 21 izbrusak pri malom povećanju. Dolomit je na trošnoj površini žućkastosive boje i vjerojatno je gornjopermske starosti. Odgovara tipu graničnog dolomita (pds), kako ga spominje Salopek (Sremac, 2005; Fio et al., 2010)

U izbrusku je vidljiva kasnodijagenetska dolomitizacija, a fosili nisu nađeni.

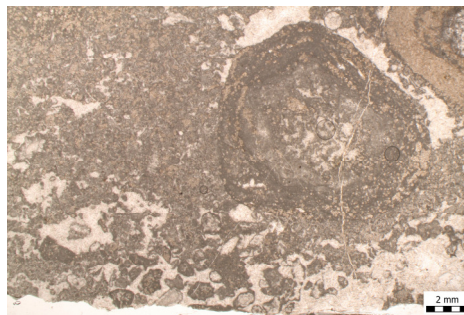
6.1.3. TRIJAS



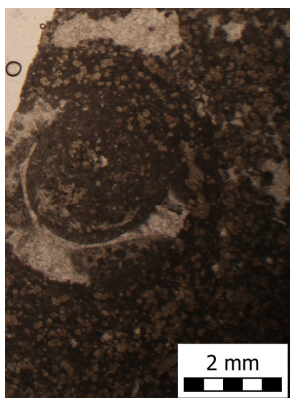
Slika 22: Uzorak srednjotrijaskog vapnenaca



Slika 23: Alga (*Diplopore*) s mikritnim ovojem



Slika 24: Cijanobakterijska gruda



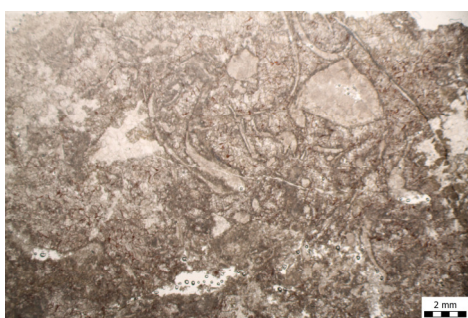
Slika 25: Poprečni presjek diplopore

Vapnenac je svijetlo sive boje, jako trošan, a na površini (slika 22) vidljivi su presjeci velikih algi.

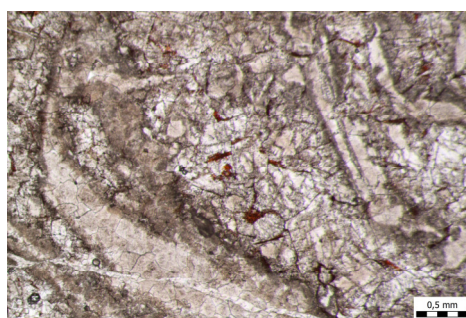
Slike 23, 24 i 25 prikazuju pojedine mikrofosile. Slika 25 prikazuje poprečni presjek zelene alge *Diplopore annulatissima* koja dokazuje srednjotrijasku starost (vjerojatno gornji anizik). Na slikama vidimo da je vezivo tamni mikrit te da je uzorak zahvatila dolomitizacija. Struktura dokazuje da se radi o pekstonu, a po Folku uzorak pripada biomikritu.



Slika 26: Srednjotrijaski vapnenac



Slika 27: Facijes srednjotrijaskog vapnenca



Slika 28: Krupni kristali, moguće hematit

Na slici 26 je uzorak diplopornog vapnenca. Uzorak je crvenkaste boje a presjeci vapnenačkih alga *Diplopora* vidljivi su na trošnoj površini. Razlikuju se od diplopora na sl. 25.

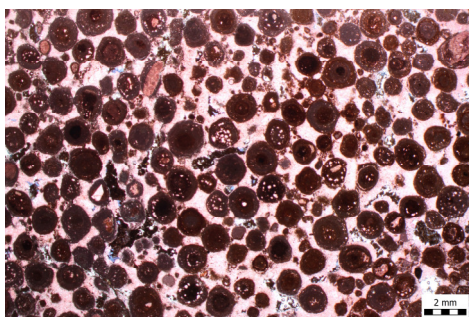
Slika 27 prikazuje mikrofacijes srednjotrijaskog vapnenca, a na slici 28 je detalj preparata. Na izbrusku se vide krhotine fosila, moguće bodljikaša. Na slici 28 se vide krupni kristali tamno crvenkasto-smeđe, moguće je da se radi o hematitu.



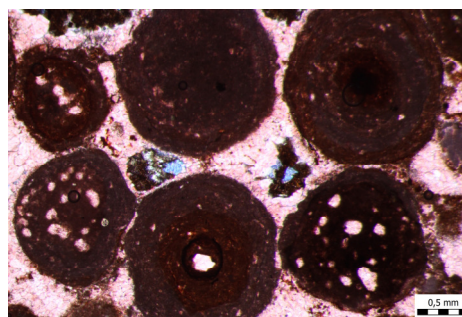
Slika 29: Valutica onkoidnog vapnenca



Slika 30: Detalj makroskopskog uzorka



Slika 31: Mikrofacijes onkoidalnog vapnenca (onkoidni grainstone)



Slika 32: Detalj mikroskopskog preparata

Na slici 29 je uzorak sivkastog i crvenkastog onkoidnog grejnstona, a na slici 30 je detalj na kojem se vide onkoidi tj. obavijena zrna.

Na slici 31 vidimo stukturu stjene koja je po Folku određena kao biosparit. Onkoidi su napravnog kružnog oblika (slika 32), a povezani su sparitom. Onkoidi nastaju biogenim oblaganjem jezgre djelatnošću algi i cijanobakterija te mehaničkim nakupljanjem mikritnih ovoja, a nastali su u plitkom i uzburkanom moru.

U uzorku nema provodnih fosila, ali je na temelju litoloških karakteristika svrstan u trijas.

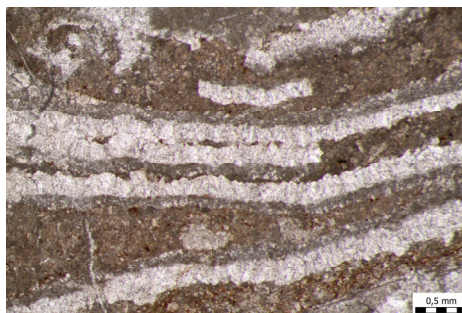
6.1.4. JURA



Slika 33: Jurski vapnenac s litiotidnim školjkašima



Slika 34: Mikrofacijes jurskog vapnenca



Slika 35: Detalj ljušture litiotida

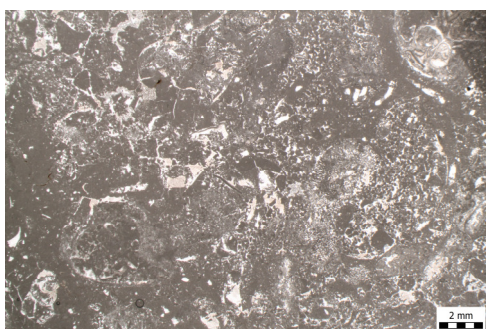
Na slici 33 vidljiv je uzorak jurskog vapnenca s velikim ljušturama litiotidnih školjkaša. Vapnenac je tamnosiv, gotovo crn, a ljušture su svjetlije, gotovo bijele, i slagane su u istom smjeru.

Na slici 34 se vidi da su ljušture školjkaša litiotida slagane po dužoj osi. Njihove stijenke su tanke, a nalaze se u crnoj mikritoj osnovi. Na slici 35 možemo vidjeti kako kristalići u ljušturi rastu okomito na njenu stijenku.

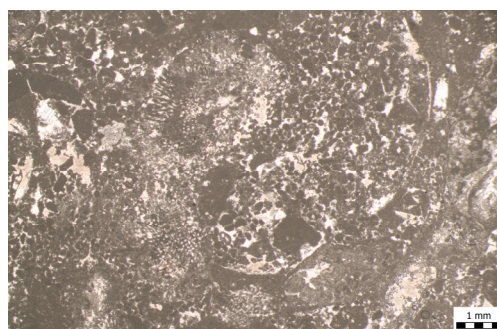
Litiotidi ukazuju na donjojursku starost.



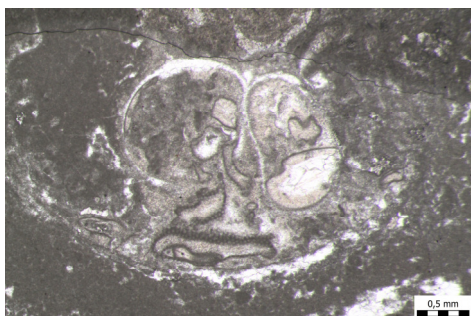
Slika 36: Jurski vapnenac s taumatoporelama



Slika 37: Mikrofacijes jurskog vapnenca



Slika 38: *Thaumtoporella* sp.



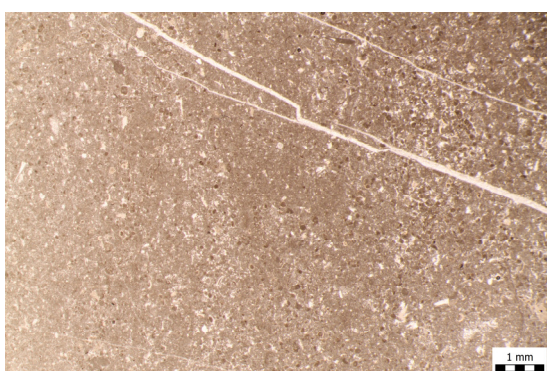
Slika 39: Presjek puža

Slika 36 prikazuje klast jurskog vapnenaca. Na trošnoj površini vapnenac je sivkasto smeđkast te je vidljivo da je jako fosiliferan.

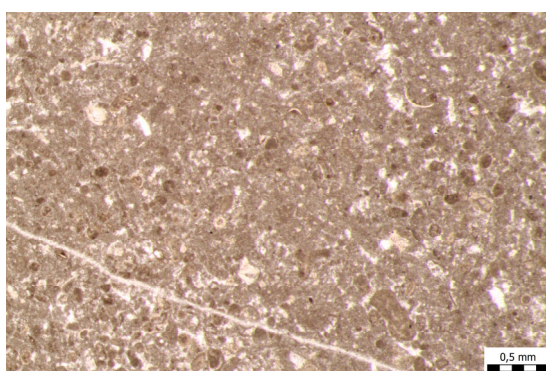
Na slikama mikroskopskih preparata (37-49) vidljivo je da je vezivo i mikrit i sparit. Od fosila se vide presjeci puževa (slika 39) koji ukazuju da je taloženje vršeno u plitkom moru. Puževi su inkrustirani algom *Thaumtoporellom*. *Thaumtoporella* je rod koji vjerojatno pripada zelenim algama, a živjela je od trijasa do paleocena. U Krškim Dinaridima je česta u juri.



Slika 40: Jurski vapnenac



Slika 41: Mikrofacijes jurskog vapnenca



Slika 42: Panorama s većim povećanjem

Na slici 40 prikazan je klast tamnosivog vapnenca, vjerojatno jurske starosti. Vapnenac je strukturno mudston, i nije fosiliferan (slika 41, 42), s izuzetkom peloidnih zrna.

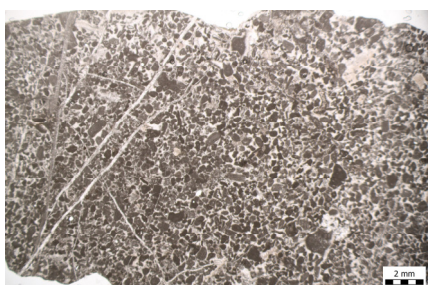
Na slici 41 vidljivo je da se radi o mudstonu. Zbog peloida mogu pretpostaviti da je taloženje vršeno u laguni.

Na temelju litoloških karakteristika pretpostavljena je jurska starost.

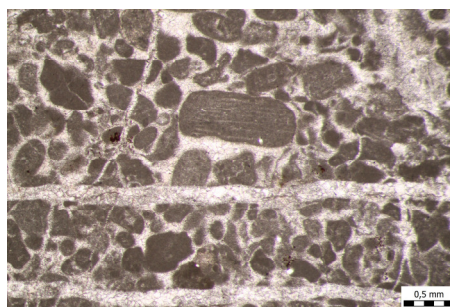
6.1.5. KREDA



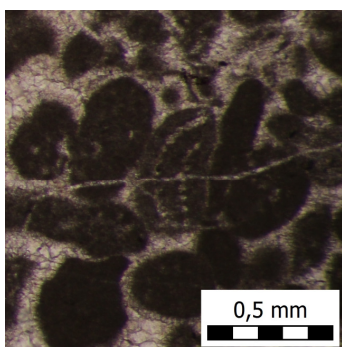
Slika 43: Klast vapnenaca s favreinama



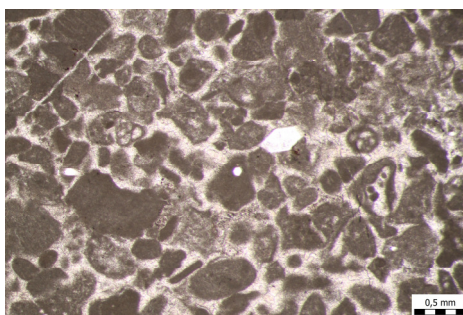
Slika 44: Mikrofacijes krednog vapnenca



Slika 45: *Favreina salevensis*



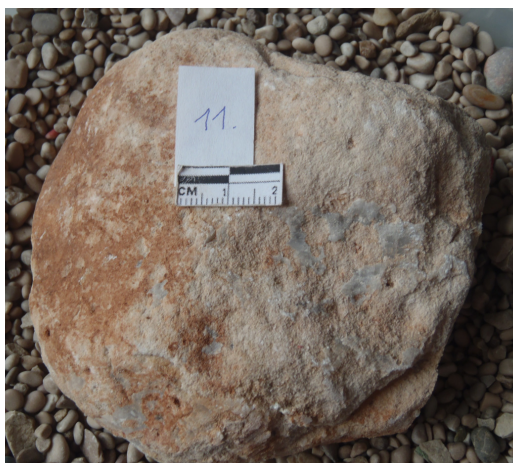
Slika 46: *Favreina salevensis*



Slika 47: Foraminifere

Vapnenac s favreinama (slika 43) je tamnosive boje i makroskopski nije izrazito fosiliferan.

Na slikama 45 i 46 prikazana je *Favreina salevensis* koja se sastoji od nekoliko longitudinalnih kanala koji su ispunjeni kalcitom. Favreine su koproliti račića koji ukazuju na plitkomorsku sedimentaciju, obično u lagunama. Na slici 47 možemo uočiti male spiralne foraminifere i kvarcna zrna. Vrsta *Favreina salevensis* pojavljuje se u najmlađoj juri i donjoj kredi (Senowbari – Daryan, 2013).



Slika 48: Rudistni vapnenac

Slika 48 prikazuje smeđe-crvenog krednog vapnenca kredne starosti. Na trošnoj površini možemo uočiti kosi presjek rudista.

Rudisti su izumrla skupina školjkaša za koje je karakteristična asimetričnost ljuštura, odnosno ljuštura su oblika 'lonac i poklopac'. Jedna ljuštura je obično veća i oblika je roga ili valjka, dok je druga manja i 'služi' kao poklopac. Rudisti su dobri provodni fosili za razdoblje krede, a u Hrvatskoj su osobito provodni za gornju kredu. Nađeni su na brojnim nalazištima ponajviše u vanjskim Dinaridima.

Na nađenom primjerku nije bilo moguće odrediti rod i vrstu.

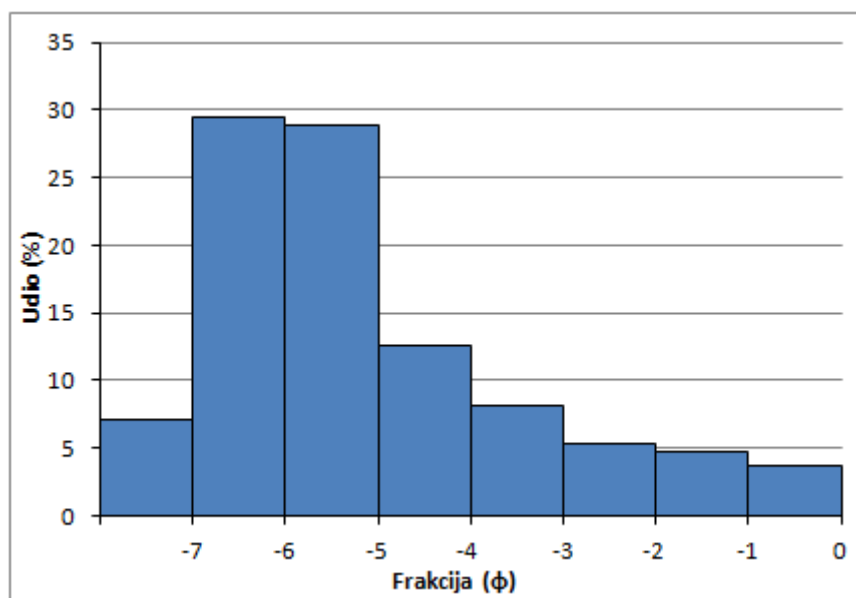
6.2. GRAĐA MORENE

Tablica na slici 49 prikazuje rezultate granulometrijske analize koji su dobiveni metodom sijanja opisanom u poglavlju 3.4. U tablici vidimo koliki udio cjelokupnog uzorka (3293,5 g), iz šljunčare u mjestu Raduč, pripada pojedinoj veličinskoj frakciji. Pomoću izračunatog udjela pojedine veličinske frakcije dobila sam i kumulativni udio.

Frakcija (ϕ)	Frakcija (mm)	Udio (g)	Udio (%)	Kum. Udio
<-7	>128	235,5	7,15	7,15
-7-(-6)	64-128	973	29,54	36,69
-6-(-5)	32-64	953	28,94	65,63
-5-(-4)	16-32	414	12,57	78,2
-4-(-3)	8-16	266	8,08	86,28
-3-(-2)	4-8	174	5,28	91,56
-2-(-1)	1-4	157	4,77	96,33
-1-0	0-1	121	3,67	100

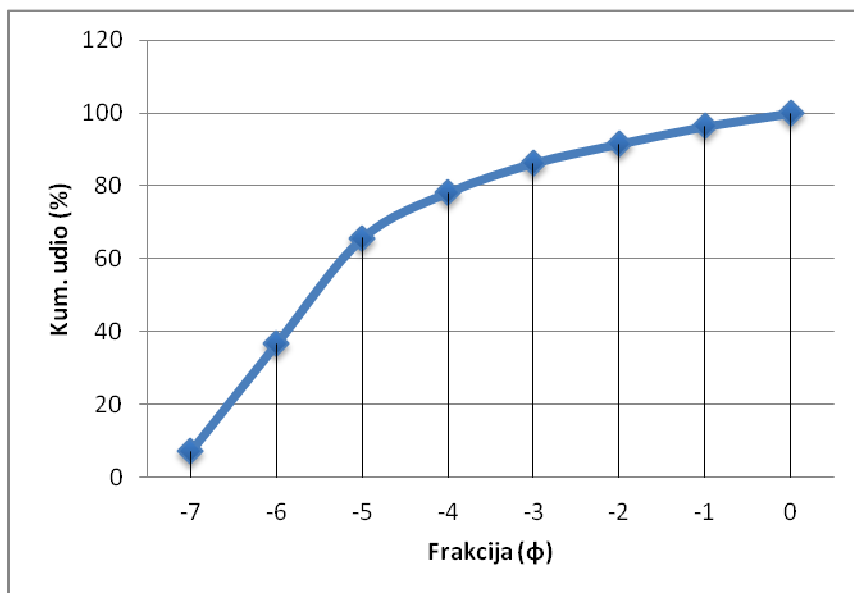
Slika 49: Tablica koja prikazuje rezultate granulometrijske analize

Rezultati granulometrijske analize prikazani su u obliku histogramom na slici 50 koji prikazuje količine pojedine frakcije u obliku stupca. Na temelju ovog histograma zaključujem da su u uzetom uzorku prisutne čestice svih veličina, no ipak najveći udio pripada frakciji 64 – 128 mm. Upravo ova raznovrsnost u veličini čestica je dokaz da se radi o nekom ledenjačkom obliku, najvjerojatnije moreni.



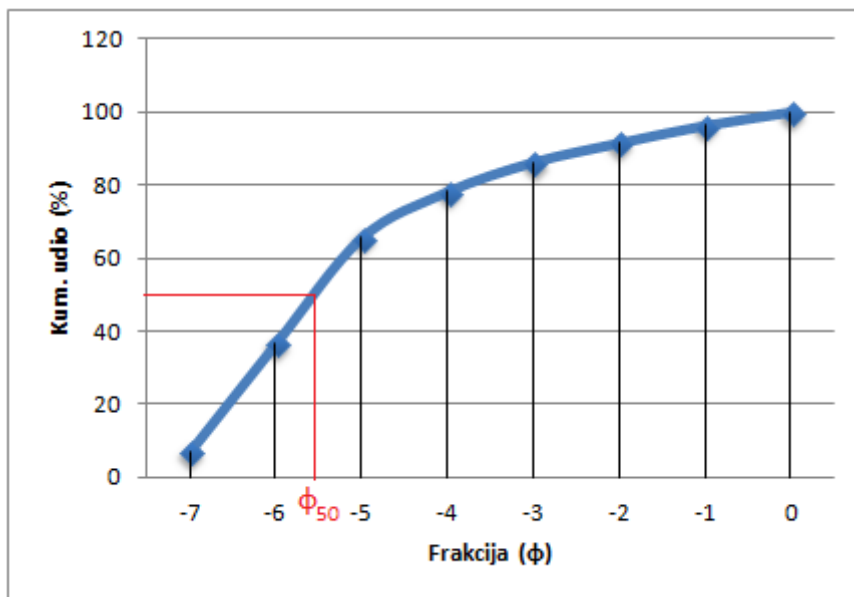
Slika 50: Histogramski prikaz granulometrijske analize

Kumulativna granulometrijska krivulja (slika 51) prikazuje cjelokupni sastav i raspored zrna u uzorku te iz nje direktno možemo očitati udjele pojedinih frakcija. Također iz nje možemo dobiti i neke druge važne granulometrijske parametre koji su prikazani na slikama 52, 53 i 54.



Slika 51: Kumulativna granulometrijska krivulja

Slika 52 prikazuje srednju veličinu čestica (medijan – Md) u uzorku. Ova veličina određena je na 50% kumulativne krivulje te ona iznosi -5,52 ϕ jedinica odnosno 48,64 mm. Ovaj broj sam očitala sa dijagrama na slici 52.



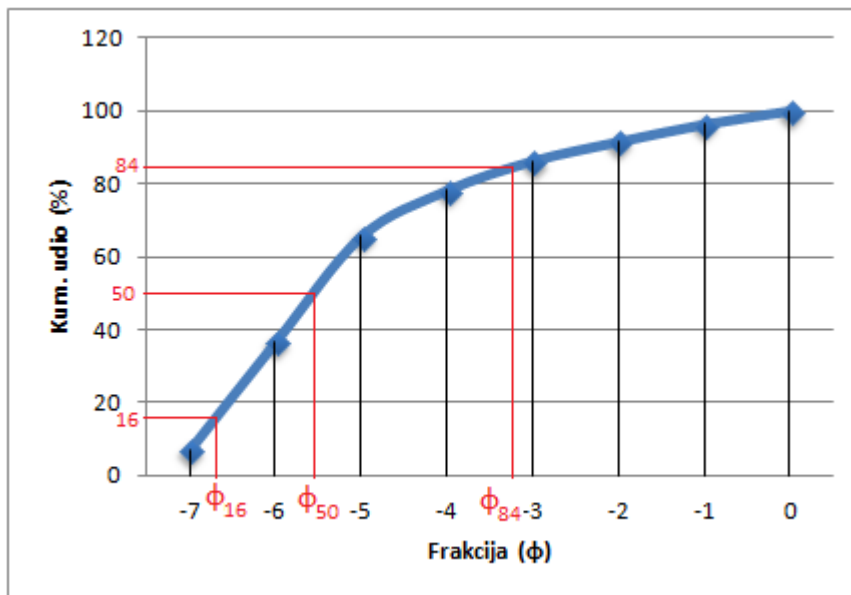
Slika 52: Srednja veličina čestica

Slika 53 prikazuje prosječnu veličinu čestica (mean – M). Prosječna veličina čestica je zapravo aritmetička sredina koju sam izračunala pomoću Folk & Wardove formule koja glasi:

$$M = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

M=-5,13 φ jedinica

Podatke za izračun očitala sam iz slike 52. Prosječna veličina čestica uzetog uzorka je -5,13 φ jedinica, odnosno 36,16 mm.



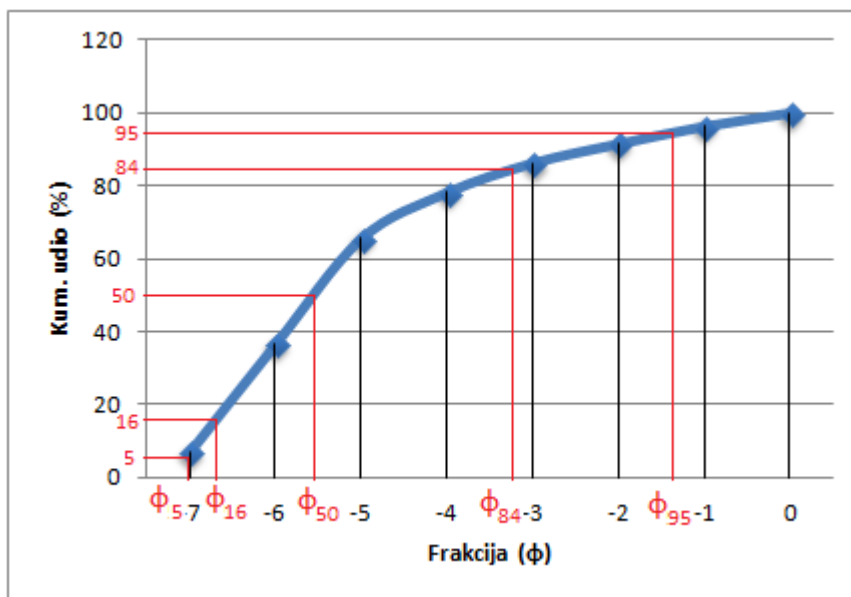
Slika 53: Prosječna veličina čestica

Koeficijent sortiranosti čestica koji je pokazatelj distribucije veličine čestica. Faktori koji utječu na koeficijent sortiranosti su izvor materijala, veličina zrna sedimenta i način taloženja. Npr. sedimenti prerađeni vodom ili vjetrom imat će dobru sortiranost za razliku od sedimenta koji su naglo taloženi.

Koeficijent sortiranosti izračunala sam pomoću Folk & Wardove formule uz pomoć granulometrijske kumulativne krivulje na slici 54.

$$S_o = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

$$S_o = 1,73$$



Slika 54: Koeficijent sortiranosti čestica

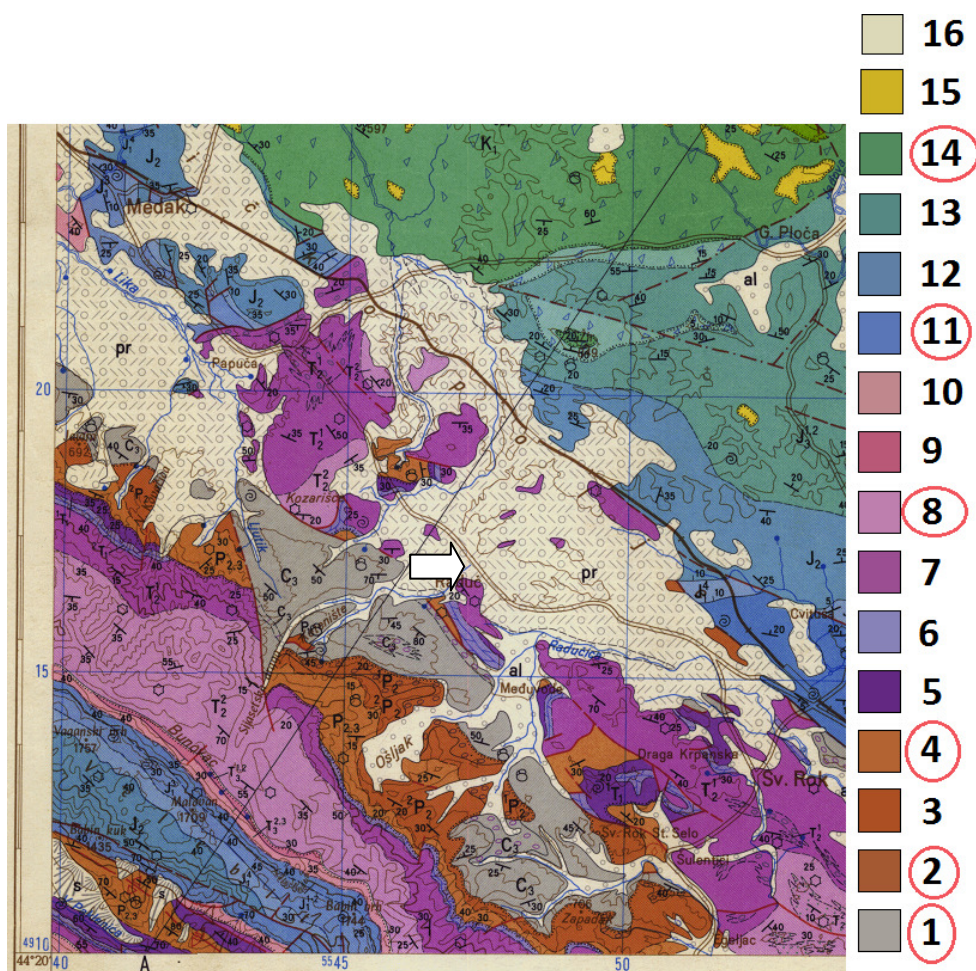
Postignuti rezultat ukazuje na slabu sortiranost čestica što je čvrst dokaz da se radi o tilitnom ledenjačkom materijalu.

Granulometrijski parametri mogu se koristiti za razlikovanje sedimenata iz različitih okoliša te daju podatke o taložnim procesima, no potrebno ih je koristiti uz vizualne analize kako bi bili dovoljno pouzdani.

7. RASPRAVA

Na istraživanom području, točnije na šljunčari u mjestu Raduč, nalazimo valutice stijena različite litologije i starosti koje sam ovom prilikom istraživala s ciljem da utvrdim moguće izvorište detritusa.

Na slici 55 koja prikazuje isječak geološke karte lista Udbina (Šušnjar et al., 1973) i profil istraživanog područja možemo uočiti da su klastiti Raduča pripisani razdoblju kvartara. Na temelju toga postavlja se pitanje na koji način su valutice koje sam našla na istraživanom terenu dospjele upravo ovdje. Na karti (slika 55) možemo uočiti da se na sjeveroistočnim padinama Velebita kojima po starosti odgovaraju valutice iz šljunčare.



Slika 55: Isječak geološke karte i legenda kartiranih jedinica, list Udbina, M. Šušnjar et al. (1973). Tumač legende: 1-vapnenci i kvarcni konglomerati gornjeg karbona, 2-vapnenci donjeg perma, 3 konglomerati i pješčenjaci srednjeg perma, 4-dolomiti gornjeg perma, 5-dolomiti, tinjčasti pješčenjaci, škriljavci i kvarcni konglomerati donjeg trijasa, 6-vapnenci i lapori srednjeg trijasa, 7-klastiti i vapnenci s rožnjacima srednjeg trijasa, 8-dolomiti i vapnenci srednjeg trijasa, 9-konglomerati i tufitčni klastiti gornjeg trijasa, 10-dolomiti i

vapnenci gornjeg trijasa, 11-vapnenci i dolomiti donje jure, 12-vapnenci i dolomiti srednje jure, 13-vapnenci, dolomitizirani vapnenci i dolomiti gornje jure, 14-vapnenci i dolomiti donje krede, 15-vapnenačke breče i konglomerati miocena, 16-pliocen. Zaokruženo su stratigrafske jedinice čije sam valutice pronašla u šljunčari.

Morala je postojati velika sila koja bi uzrokovala da se sve te valutice koje se nalaze na širem okolnom području danas nađu na jednom mjestu. Zaključila sam da se radi o glacijaciji. Ledenjaci imaju veliku razornu moć, a time i veliku mogućnost transporta. Na temelju rezultata granulometrijske analize zaključila sam da se radi o velikoj nesortiranosti materijala što je zapravo i glavna karakteristika glacijalnih morena. Neosporni dokaz koji upućuje na postanak ledenjacima su i strije koje su nađene na valuticama. Valutice su različitih veličina i nepravilno su zaobljene. Zbog svoje velike razorne moći ledenjaci skupljaju sav materijal na koji 'naiđu' na svom putu. Upravo zbog transporta došlo je i do zaobljenosti valutica.

Na istraživanom području pronašla sam valutice iz razdoblja perma, trijasa, jure i krede s tim da je podloga na kojoj se morena nalazi iz razdoblja karbona. Na temelju nađenih valutica i usporedbom stratigrafskih razdoblja kojima pripadaju pojedine valutice sa segmentom karte (list Udbina, slika 57) zaključujem da je donos mogao biti i sa sjeveroistočne strane i s jugozapadne. Najvjerojatnije se radi o dva ledenjaka koja su se kretala s dvije strane te se na kraju spojila. Nakon povlačenja ledenjaka, odnosno njegovog otapanja zaostala je morena koju danas nalazimo na području mjesta Raduč.

8. ZAKLJUČAK

U šljunčari na području Raduča nalazimo valutice stijena različite litologije i stratigrafije sve od karbona pa do krede. Upravo ta raznolikost je i uzrok mog istraživanja u kojem sam nastojala dati odgovor na pitanje kako su se na tako uskom području našle sve ove valutice.

Makroskopska analiza 60 valutica i analiza 28 mikroskopskih preparata pokazala je da se radi o litološki i stratigrafski različitim valuticama, raspona starosti od karbona do gornje krede. Budući se radi o geografski ograničenom području koje se prostire na samo 2 kilometra postavlja se pitanje kako su se sve te valutice mogle naći na tom uskom području.

Granulometrijskim analizama dokazano je da se radi o ledenjačkom materijalu, točnije radi se o moreni. Dokazi koji upućuju na morenu su velika nesortiranost materijala, raznolika veličina valutica, dobra zaobljenost valutica i strije.

Rezultate koje sam dobila mikroskopskom analizom uzoraka usporedila sam s geološkom kartom istraživanih područja (list Udbina), te zaključujem da je donos materijala bio iz dva izvorišna područja: sa sjeveroistočne, ali i sa jugozapadne strane. Na kraju zaključujem da su vjerojatno postojala dva ledenjaka koja su putovala s dvije različite strane te su se naposljetku spojila. Zato postoji tako velika litološka raznolikost jer ledenjaci imaju veliku razornu moć te 'prenose' sav materijal na koji 'naiđu'.

9. LITERATURA

Bognar, A., Faivre, S. & Pavelić, J. (1991): Glacijacija Sjevenog Velebita, Senjski zbornik, 18, 181 – 19, Zagreb.

Bognar, A., Faivre, S. & Pavelić, J. (1997): Tragovi oledbe u Srednjem Velebitu, Senjski zbornik, 24, 1–16, Zagreb.

Bognar, A., & Faivre, S. (2006): Geomorphological Traces of the Younger Pleistocene Glaciation in the Central Part of the Velebit Mt. Hrv. geografski glasnik 68/2, 19-30, Zagreb.

Fio K., Posilović H., Sremac J., Vlahović I., Bermanec V. & Velić I. (2010): Authigenic Fe-minerals as indicators of the Late Permian and Early Triassic depositional conditions (Velebit Mt., Croatia), *Acta Mineralogica – Petrographica*, **6**, 325

Herak, M. (1965): Comparative study of some Triassic Dasycladaceae in Yugoslavia (Komparativni studij nekih trijaskih dasikladaceja u Jugoslaviji). *Geol. vjesnik, Zagreb* (1964), 18/1, 3-34.

Herak, M. & Kochansky – Devidé, V. (1960): *Gymnocodium* calcareous algae in the Permian of Yugoslavia, *Geol. vjesnik* 13 (1959), 185 – 196, Zagreb.

Kochansky Devidé, V. (1955): Karbonske i permske fuzulinidne foraminifere Velebita i Like I. Opći dio i karbon, *Rad Jugosl. Akad.*, 305, 5–62, Zagreb.

Kochansky-Devidé, V. (1965): Karbonske i permske fuzulinidne foraminifere Velebita i Like. Srednji i gornji perm. *Acta geol.* 5 (Prirodosl. istraž. Jugosl. akad. 35), 101-137, Zagreb.

Kochansky-Devide, V. & Herak, M. (1960): On the Carboniferous and Permian Dasycladaceae of Yugoslavia. *Geol. vjesnik* 13 (1959), 65-96, Zagreb.

Marjanac, Lj. (2012): Pleistocene glacial and periglacial sediments of Kvarner, northern Dalmatia and southern Velebit Mt. – evidence of Dinaric glaciation. Doctoral Thesis, University of Zagreb, XIII + 277 pp

Marjanac, T. & Marjanac, Lj. (2013): The History of Study of Dinaric glaciation, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, HAZU, 31-36

Nikler, L. (1973): Nov prilog poznavanju oledbe Velebita. Geol. Vjesnik 25 (1971), 109-112.

Salopek, M. (1942): O gornjem paleozoiku Velebita u okolini Brušana i Baških Oštarija. Rad Hrv. Akad. Znan. Umjet. 274, 218 – 272, Zagreb.

Salopek, M. (1948): O gornjem paleozoiku sjeveroistočnog podnožja Velebita i Like, Prir. istraž. Jugosl. akad. znan. umjetn., 24, 1–75, Zagreb.

Salopek, M. (1952): O gornjem permu Velike Paklenice u Velebitu, Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., 289, 5–26, Zagreb.

Sokač, B., Šušnjar, M., Bukovac, J. & Bahun, S. (1976b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, Tumač za list Udbina L33-128, Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 62 p.

Sremac, J. (2005): Equatorial Shelf of the Paleozoic Supercontinent – Cradle of the Adriatic Carbonate Platform, *Geologia Croatica*, **58/1**, 1 – 19.

Sremac J. (2012): Influence of terrestrial sedimentation in Pennsylvanian rocks in Croatia, *Geologia Croatica*, **65/3**, 273-282

Senowbari – Daryan B., Lazăr, I. & Bucur, I. (2013): Favreina Carpatica N. Iconosp. (Crustacean Microcoprolite) from the Middle Jurassic of Rucăr – Bran zone (Southern Carpathians, Romania), *Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia*, **119/2**, 175-182

Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun, S., Bukovac, J., Nikler, L. & Ivanović, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Udbina L33-128, Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Tišljar, J., Vlahović, I., Velić, I. & Sokač, B. (2002): Carbonate platform megafacies of the Jurassic and Cretaceous deposits of the Karst Dinarides.– *Geol. Croatica*, **55/2**, 139–170.

Velić, I., Vlahović, I. & Matičec, D. (2002b): Depositional sequences and palaeogeography of the Adriatic Carbonate Platform. – *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 141–151

<http://fossilworks.org/> [30.1.2015]

<https://www.google.com/earth/> [04.02.2015.]